

(I - 46) 低コスト工事桁における主桁・棚板接合部のボルト締付解析に関する一考察

J R 東日本 東京工事事務所 正会員 ○齋藤 聡

J R 東日本 東京工事事務所 正会員 工藤 伸司

J R 東日本 東京工事事務所 正会員 井手 将和

1. はじめに

J R 東日本では、線路下構造物を開削工法によって活線施工する場合、従来から、枕木抱き込み式工事桁（溶接工事桁）を使用して施工を行っている（図－1 参照）。しかし、この構造の工事桁は、主桁・枕木受桁ともに溶接量が多いため、製作費が高いだけでなく、溶接ひずみの発生により施工性にも問題がある。そこで、鋼板を溶接しないで形鋼と高力ボルトを用いて製作できる工事桁（以下、形鋼工事桁という）を開発した。

今回は、形鋼工事桁の全体解析の前段として、主桁・棚板接合部に着目して F E M 解析（以下、ボルト締付解析という）を行ったので報告する。

2. ボルト締付解析

2-1. 解析モデル

ボルト締付解析モデルを図－2 に示す。

棚板を取付ける M22 のボルト締付部を対象として、締付から外力負荷に至るプロセスを解析した。

以下に解析モデルの諸元を示す。

(1) 形状

- ・ボルト径 M22（有効径 $d_2=20.376\text{mm}$ 、

$$\text{有効断面積 } A_e = \frac{\pi}{4} d_2^2 = 326\text{mm}^2$$

- ・ナット（2面幅） $\phi 34$ 、高さ 14mm

- ・穴径 $\phi 24$

- ・板厚 $L=12+20=32\text{mm}$

(2) 材料定数

弾性係数 $E=2.1 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$

線膨張係数 $\alpha=1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$

(3) 許容締付力 ρ_a

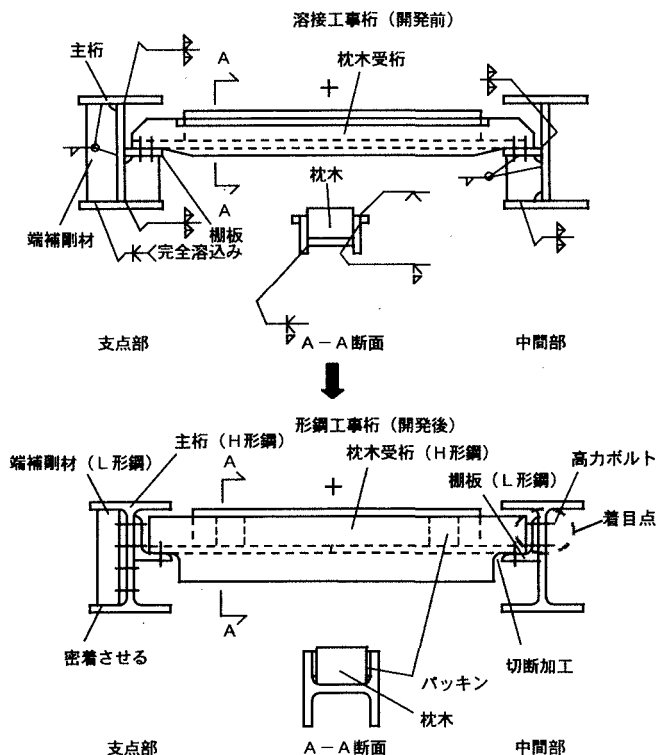
$$\rho_a = 205\text{kN}$$

$$\sigma_a = \rho_a / A_e = 205000 / 326 = 629\text{N/mm}^2$$

以上の諸元について、ボルトと締付けられる板を軸対称モデルとして切出し、解析した。ボルトは、ねじ部の有効断面積で、ナットは2面幅でモデル化し、一体として挙動するものとした。またワッシャは無視した。

2-2. 解析手順

解析は、ボルトに軸力を導入する代わりに熱収縮を与えて行った。初めにボルト締付力が許容締付力（ $\rho_a=205\text{kN}$ ）になるまで降温させ、次にボルト座面で浮上りを生じるまでボルトに外力として引張力を与えた。



図－1 溶接工事桁と形鋼工事桁のディテールの比較

キーワード：形鋼工事桁 高力ボルト ボルト締付解析

連絡先：J R 東日本 東京工事事務所 新宿工事区 〒151-0051 渋谷区千駄ヶ谷5-24-1 TEL.03-3341-8744 FAX.03-3341-9784

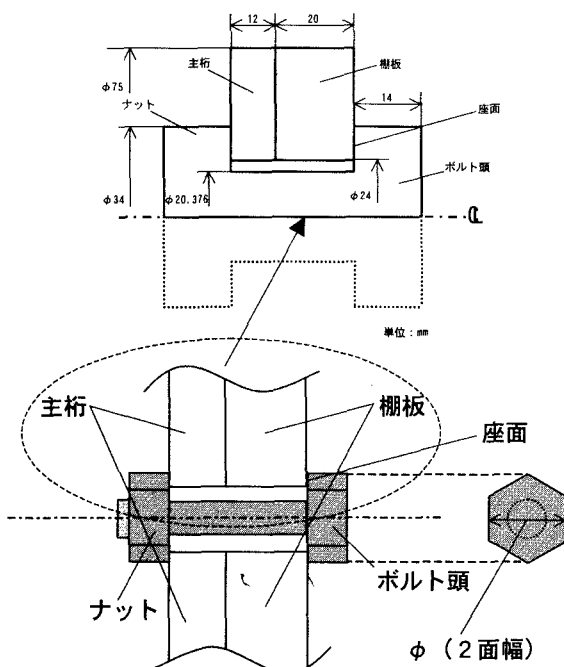


図-2 ボルト締付解析モデル

2-3. 解析結果

図-3 にボルト締付解析結果を示す。

- (1) 締付完了時の温度状態は、 -660°C になり、与えられる熱ひずみ ε_{th} は以下のとおりとなる。

$$\varepsilon_{th} = \alpha \Delta T = 1 \times 10^{-5} \times (-660) = -6.6 \times 10^{-3}$$

また、ボルト応力 σ_b は許容締付応力 σ_a と若干異なるが、以下のようになった。

$$\sigma_b = 670 \text{ N/mm}^2 \quad (F_b = A_e \cdot \sigma_b = 326 \times 670 = 220 \text{ kN})$$

- (2) 座面で生じているひずみは、板の圧縮ひずみ ε_p に相当する。ボルトは同時に (1) の熱ひずみ ε_{th} を受けているので、解析結果の解釈としては、以下の関係がある。

$$\varepsilon_p = \varepsilon_b + \varepsilon_{th}$$

$$\varepsilon_b = 3.2 \times 10^{-3} \quad (D_b = L \cdot \varepsilon_b = 0.10 \text{ mm}), \quad L = 32 \text{ mm},$$

$$\varepsilon_{th} = -6.6 \times 10^{-3} \quad \therefore \varepsilon_p = -3.4 \times 10^{-3} \quad (D_p = L \cdot \varepsilon_p = -0.11 \text{ mm})$$

- (3) ボルトと板のばね定数は、 $k_b = |F_b / D_b| = 220 / 0.10 = 2.2 \times 10^6 \text{ N/mm}$, $k_p = |F_p / D_p| = 220 / 0.11 = 2.0 \times 10^6 \text{ N/mm}$

- (4) (3) の結果を考慮した締付線図は図-4 のようになる。 $F_b' = 462 \text{ kN}$ で浮上りを生じ、その結果、計算値による応力はおよそ $\sigma_b = F_b' / A_e = 1417 \text{ N/mm}^2$ となり、ほぼ解析値に一致する。

3. まとめ

以上の結果より、主桁・棚板接合部のボルト締付解析の手法は信頼性があると判断でき、本解析より求めたボルトと板のばね定数を用いて、形鋼工事桁の全体解析を行っても問題ないと思われる。

【参考文献】 1) 吉沢武男：機械要素設計，裳華房，pp.25-26, 1997.3

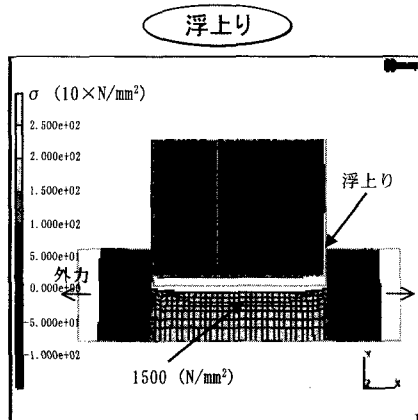
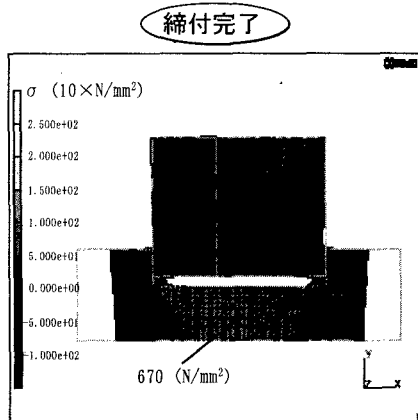


図-3 ボルト締付解析結果

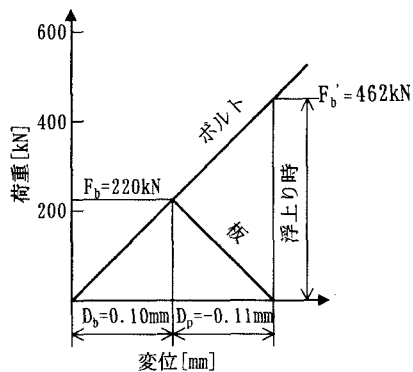


図-4 ボルト締付線図